

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-21798

(P2003-21798A)

(43) 公開日 平成15年1月24日 (2003.1.24)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード* (参考)
G 0 2 B 26/08		G 0 2 B 26/08	J 2 H 0 4 1
B 8 1 B 7/02		B 8 1 B 7/02	5 F 0 7 2
H 0 1 S 3/10		H 0 1 S 3/10	A

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2001-206452 (P2001-206452)

(22) 出願日 平成13年7月6日 (2001.7.6)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 池田 浩一

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内

(72) 発明者 島田 孝

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内

(74) 代理人 100095821

弁理士 大澤 斌 (外1名)

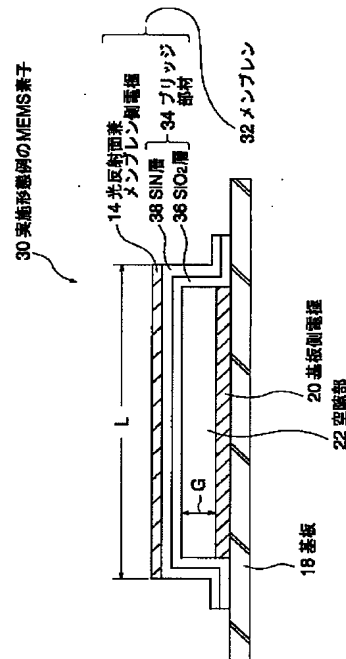
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 MEMS素子、GLVデバイス、及びレーザディスプレイ

(57) 【要約】

【課題】 犠牲層としてポリシリコン、アモルファスシリコン等のシリコンを使用する際、犠牲層のエッチング除去に当たり、損傷を受けないような構成のメンブレンを有するMEMS素子を提供する。

【解決手段】 本MEMS素子30は、GLVデバイスを構成する光変調素子として構成され、メンブレン32のブリッジ部材34の構造が異なることを除いて、従来のMEMS素子と同じ構成を備えている。メンブレン32は、下層に膜厚が20nmのSiO₂膜36を有し、その上に膜厚が例えば100nmのSiN膜38を積層させたブリッジ部材34と、ブリッジ部材34上に形成された、膜厚100nmのAl膜からなる光反射面兼メンブレン側電極14とから構成されている。SiO₂膜36は、ポリシリコンからなる犠牲層を熱酸化して形成したSiO₂膜でも、CVD法又はPVD法により成膜したSiO₂膜でも良い。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 絶縁性基板上に形成された基板側電極

と、

前記基板側電極に交差して基板側電極上に離間延在するブリッジ部材、及び前記基板側電極に対向して前記ブリッジ部材上に形成されたメンブレン側電極を有し、前記メンブレン側電極と前記基板側電極との間に働く静電引力又は静電反発力により駆動する駆動体を構成するメンブレンとを備えるMEMS素子において、

前記ブリッジ部材が、前記基板側電極に対面して設けられた、酸化シリコン(SiO_2)膜、酸化チタン(TiO_2)膜、及び酸化ジルコニウム(ZrO_2)膜のいずれかと、 SiN 膜とを有する少なくとも2層の多層構造として形成されていることを特徴とするMEMS素子。

【請求項2】 前記メンブレン側電極が、光反射膜の機能を有する金属膜により光反射膜兼電極として形成され、

MEMS素子が、前記メンブレン側電極と前記基板側電極との間に働く静電引力、又は静電反発力により前記光反射膜を駆動させて、反射光の光強度を変調させる光変調素子として機能することを特徴とする請求項1に記載のMEMS素子。

【請求項3】 前記ブリッジ部材が、両端支持のブリッジ状、及び一端支持のカンチレバー状のいずれかで基板上に立脚していることを特徴とする請求項1又は2に記載のMEMS素子。

【請求項4】 それぞれ、光変調素子として構成され、並列配置された複数個のMEMS素子を備えるGLVデバイスにおいて、

前記MEMS素子が、

絶縁性基板上に形成された基板側電極と、

前記基板側電極に交差して基板側電極上に離間延在し、かつ前記基板側電極に対面して設けられた、酸化シリコン(SiO_2)膜、酸化チタン(TiO_2)膜、及び酸化ジルコニウム(ZrO_2)膜のいずれかと、 SiN 膜とを有する少なくとも2層の多層構造として形成されたブリッジ部材、及び前記基板側電極に対向して前記ブリッジ部材上に、光反射膜の機能を有する金属膜により光反射膜兼電極として形成されたメンブレン側電極を有するメンブレンとを備えて、前記メンブレン側電極が相互に独立で並列配置され、かつ前記基板側電極が共通電極として設けられ、

各MEMS素子は、前記メンブレン側電極と前記基板側電極との間に働く静電引力又は静電反発力により前記光反射膜を駆動させて、反射光の光強度を変調させる光変調素子として機能することを特徴とするGLVデバイス。

【請求項5】 レーザと、レーザから出射されたレーザ光の光軸上に配置され、レーザ光の光強度を変調するGLVデバイスとを有するレーザディスプレイにおいて、

前記GLVデバイスが、光変調素子として構成され、並列配置された複数個のMEMS素子を備え、

前記MEMS素子が、

絶縁性基板上に形成された基板側電極と、

前記基板側電極に交差して基板側電極上に離間延在し、かつ前記基板側電極に対面して設けられた、酸化シリコン(SiO_2)膜、酸化チタン(TiO_2)膜、及び酸化ジルコニウム(ZrO_2)膜のいずれかと、 SiN 膜とを有する少なくとも2層の多層構造として形成されたブリッジ部材、及び前記基板側電極に対向して前記ブリッジ部材上に、光反射膜の機能を有する金属膜により光反射膜兼電極として形成されたメンブレン側電極を有するメンブレンとを備えて、前記メンブレン側電極が相互に独立で並列配置され、かつ前記基板側電極が共通電極として設けられ、

各MEMS素子は、前記メンブレン側電極と前記基板側電極との間に働く静電引力又は静電反発力により前記光反射膜を駆動させて、反射光の光強度を変調させる光変調素子として機能することを特徴とするレーザディスプレイ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、MEMS素子、GLVデバイス、及びレーザディスプレイに関し、更に詳細には、犠牲層の除去に際して、損傷を受け難い構造を備えたMEMS素子、特に光変調素子として最適な光反射率の高いMEMS素子、MEMS素子を有するGLVデバイス、及びそのようなGLVデバイスを有するレーザディスプレイに関するものである。

【0002】

【従来の技術】微細技術の進展に伴い、いわゆるマイクロマシン(MEMS: Micro Electro-Mechanical System、超小型電氣的・機械的複合体)素子(以下、MEMS素子と言う)が注目されている。MEMS素子は、シリコン基板、ガラス基板等の基板上に微細構造体として形成され、機械的駆動力を出力する駆動体と、駆動体の駆動を制御する半導体集積回路等とを電氣的に、更には機械的に結合させた素子である。MEMS素子の基本的な特徴は、機械的構造として構成されている駆動体が素子の一部に組み込まれていることであって、駆動体の駆動出力は、電極間のクーロン引力などを応用して電氣的に行われることが一般的である。

【0003】MEMS素子の一例として、SLM(シリコンライトマシーン)社がレーザードisplay用光強度変換素子、つまり光変調器として開発したGLV(Grating Light Valve)デバイスで使用されている光変調素子を例に挙げ、その構造を説明する。先ず、図5を参照して、MEMS素子によって構成されるGLVデバイスの構造を説明する。図5はGLVデバイスの構成を示す斜視図である。GLVデバイス10は、図5に示すよ

うに、複数のMEMS素子12を共通基板上に相互に並列で密に配置させたデバイスである。GLVデバイスを構成するMEMS素子12は、上面に光反射面14を有する静電駆動型メンブレン16を備えた、MOEMS (Micro Optical Electro-Mechanical Systems) と称されているMEMS素子であって、メンブレン16が静電引力、或いは静電反発力によって機械的に動いて、光反射面14と基板18との距離を調整し、反射する反射光の光強度を変調させる機能を有する。

【0004】次に、図6を参照して、MOEMS12の構成を説明する。図6はMOEMSの構成を示す斜視図である。MOEMS12は、図6に示すように、ガラス基板等の絶縁性基板18と、Cr薄膜等で絶縁性基板18上に形成されている基板側電極20と、基板側電極20に交差してブリッジ状に跨ぐ静電駆動型メンブレン16とを備えている。静電駆動型メンブレン16と基板側電極20とは、その間の空隙部22によって電氣的に絶縁されている。

【0005】静電駆動型メンブレン16は、基板側電極20をブリッジ状に跨いで基板18上に立脚し、電極支持部材として設けられたSiN膜からなるブリッジ部材24と、基板側電極20に対向して相互に平行にブリッジ部材24上に、膜厚100nm程度のAl膜からなる光反射膜兼メンブレン側電極14とから構成されている。ブリッジ部材24は、空隙部22を確保するように、基板側電極20に対向して所定間隔だけ離間し、かつ基板側電極20に対して相互に平行に光反射膜兼メンブレン側電極14を支持するために設けられている。GLVデバイス10では、絶縁性基板18及びその上の基板側電極20は、図5に示すように、各MOEMS12の共通基板及び共通電極となっている。

【0006】ブリッジ部材24と、その上に設けられた光反射膜兼メンブレン側電極14からなる静電駆動型メンブレン16は、リボンと通称されている部位である。ブリッジ部材24は、基板側電極20に対して平行に延在する梁部の両端を2本の柱部で支持する、図6に示したブリッジ状のものに代えて、柱部が1本で、梁部の一方の端部のみを支持する片持ち梁式、即ちカンチレバー式のものもある。

【0007】光反射膜兼メンブレン側電極14として使用したアルミニウム膜 (Al膜) は、(1) 比較的容易に成膜で出来る金属膜であること、(2) 可視光領域での光反射率の波長分散が小さいこと、(3) Al膜表面に生成したアルミナ自然酸化膜が保護膜となって反射面を保護すること等の理由から、光学部品材料として好ましい金属膜である。また、ブリッジ部材24を構成するSiN膜 (窒化シリコン膜) は、その強度、弾性定数などの物性値が、ブリッジ部材24の機械的駆動に対して適切であるとして選定されている。

【0008】基板側電極20と、基板側電極20に対向

する光反射膜兼メンブレン側電極14との間に微小電圧を印加すると、静電現象によって静電駆動型メンブレン16が基板側電極20に向かって接近し、また、電圧の印加を停止すると、離間して元の状態に戻る。GLVデバイス10を構成するMOEMS12は、基板側電極20に対する静電駆動型メンブレン16の接近、離間の動作により、光反射膜兼メンブレン側電極14の傾きを変えて、反射する光の強度を調整し、光変調素子として機能する。静電引力及び静電反発力を利用して駆動するメンブレン16の力学的特性は、CVD法等で成膜されるSiN膜の物性によってほぼ決定され、Al膜は反射ミラーとしての役割が主である。

【0009】メンブレン16が駆動体として機能するために必要な中空構造は、ブリッジ部材24を構成するSiN膜と下部の基板側電極20の間に、最終的には除去される犠牲層を形成しておき、メンブレン16を形成した後、犠牲層だけを選択的に除去することにより、形成される。次に、図7を参照して、MOEMS12の作製方法を説明する。図7(a)から(e)は、それぞれ、MOEMS12を作製する際の工程毎の図6の線I-Iでの断面図である。図7(a)に示すように、基板18上にW (タングステン) 膜等の金属膜を成膜し、パターニングして基板側電極20を形成する。次いで、図7(b)に示すように、基板18全面にアモルファスシリコン膜又はポリシリコン膜を成膜し、パターニングして基板側電極20上に犠牲層26を形成する。犠牲層26は、次のブリッジ部材20を形成するための支持層として機能し、後述のように、最終的には除去される。そのため、犠牲層26は、基板側電極20及びブリッジ電極部16を構成する酸化膜、窒化膜、及び金属膜に対して大きなエッチング選択比を有するアモルファスシリコン膜、ポリシリコン膜等で形成されている。

【0010】続いて、基板18全面にSiN膜を成膜し、パターニングして、図7(c)に示すように、犠牲層26に接して、かつ犠牲層26上を跨ぎ、基板18上に立脚するブリッジ部材24を形成する。次いで、図7(d)に示すように、ブリッジ部材24の基板側電極対向部24a上を含めて基板18全面にAl膜からなるメンブレン側電極膜を成膜し、パターニングしてブリッジ部材24の基板側電極対向部24a上にメンブレン側電極14を形成する。次に、アモルファスシリコン膜又はポリシリコン膜からなる犠牲層26をXeF₂ガスを用いたドライエッチング法により除去して、図7(e)に示すように、MOEMS12を形成する。

【0011】以上のように、MEMS素子の作製では、シリコン基板上に薄膜構造を形成する半導体集積回路の製作プロセスを基盤とした表面マイクロマシニング技術を適用して、シリコン基板、或いはガラス基板上に微細構造体を形成している。そして、梁等の弾性を応用した、上述のような微細構造体を形成するためには、梁下

の空隙層を形成することが必要であるから、上述のように、予め犠牲層を設け、犠牲層上に梁部を構成する別の層を成膜し、次いで犠牲層をエッチングして除去することにより、空隙層を設け、梁部を形成している。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述のMOEMSの作製方法によれば、ポリシリコン、アモルファスシリコン等のシリコンからなる犠牲層26を除去する際、シリコンとシリコン以外の材料との間に大きなエッチング速度比を示す XeF_4 ガスをエッチングガスとして用いている。また、 SF_6 、 NF_3 などを反応ガスとしたプラズマエッチング法によってもシリコンからなる犠牲層をエッチングして除去することができる。 XeF_4 によるエッチング法、及び SF_6 、 NF_3 などを反応ガスとしたプラズマエッチング法は、メンブレンを構成するSiNと犠牲層を構成するシリコンとのエッチング選択比が100以上であって、単体のMOEMSを作製する際には、特にSiN膜を損傷することなく、シリコンからなる犠牲層を除去することができる。

【0013】しかし、図8(a)に示すように、多数個のMOEMS12を密に並列配置した前述のGLVデバイス10のようなデバイスを作製する際には、メンブレン16同士の間隙からエッチングガスを侵入させて犠牲層26をエッチング除去しようとする、図8(b)に示すように、エッチング速度、即ちエッチングの進行が、メンブレン16の下と、メンブレン16同士の間で不均一になって、犠牲層26を一樣にエッチングすることができない。図8(b)に示すように、特に、メンブレン16の直下のエッチングが遅れる。図8(a)及び(b)は、それぞれ、各MOEMS12の配置を示す平面図及び図8(a)の線II-IIでのMOEMS12の断面図である。そして、エッチング速度の遅い領域の犠牲層26を完全にエッチングして除去しようとする、エッチング速度の速い領域で露出したSiN膜を損傷し、その結果、メンブレンの膜厚に分布が生じる。

【0014】メンブレンの膜厚に分布が生じると、中空構造を完成した後のメンブレンの平滑度が悪くなり、光反射率が低下して、MOEMSの光利用効率が悪くなる。更には、メンブレンの静電駆動による動きがばらつき、所定の光変調特性を示すことができなくなる。また、メンブレンの機械的強度がばらつき、MOEMSの寿命、従ってGLVデバイスの寿命が短くなる。そこで、犠牲層のエッチング除去に際して、損傷を受けないような構成のメンブレンを備えたMEMS素子の開発が望まれていた。

【0015】本発明の目的は、犠牲層としてポリシリコン、アモルファスシリコン等のシリコンを使用する際、犠牲層のエッチング除去に当たり、損傷を受けないような構成のメンブレンを有するMEMS素子、そのようなMEMS素子からなるGLVデバイス、及びそのような

GLVデバイスを有するレーザディスプレイを提供することである。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明者は、 XeF_4 ガス等を使ったドライエッチングでは、シリコン膜とSiN膜との間には、100以上のエッチング選択比があつて、十分に大きいと考えていたが、前述のように、エッチング選択比が小さいために、SiN膜が損傷することが判った。そこで、シリコンからなる犠牲層をエッチング除去する際に、損傷を受けないようなメンブレンにするには、シリコンに対してエッチング選択比の高い材料でメンブレンを形成することが必要であると考えた。

【0017】そして、本発明者は、種々の材料を試した結果、CVD法又はPVD法で成膜した酸化シリコン(SiO_2)、及びシリコン膜を熱酸化して生成した SiO_2 膜が極めて高いエッチング選択比をポリシリコン、又はアモルファスシリコンに対して示すことを見出した。本発明者の実験によれば、エッチングガスとして XeF_4 ガスを使用したとき、Si、SiN、及び SiO_2 は、1000:1:0.1のエッチングレートでエッチングされることが判った。また、 SiO_2 膜以外に、酸化チタン(TiO_2)膜、酸化ジルコニウム(ZrO_2)膜等の金属酸化膜も、 SiO_2 膜と同様の効果を有することが判った。

【0018】従来からメンブレンを構成しているSiN膜は、強度、弾性定数などの物性値がブリッジ部材の機械的駆動に対して適切であるとして選定されている以上、メンブレンをSiN膜と SiO_2 膜との積層構造で構成することを着想し、実験の結果、エッチング選択比が所望通り高く、しかも駆動体として適切な強度、弾性定数を示すことを確認し、本発明を発明するに至った。

【0019】上記目的を達成するために、本発明に係るMEMS素子は、絶縁性基板上に形成された基板側電極と、基板側電極に交差して基板側電極上に離間延在するブリッジ部材、及び基板側電極に対向してブリッジ部材上に形成されたメンブレン側電極を有し、メンブレン側電極と基板側電極との間に働く静電引力又は静電反発力により駆動する駆動体を構成するメンブレンとを備えるMEMS素子において、ブリッジ部材が、基板側電極に対面して設けられた、酸化シリコン(SiO_2)膜、酸化チタン(TiO_2)膜、及び酸化ジルコニウム(ZrO_2)膜のいずれかと、SiN膜とを有する少なくとも2層の多層構造として形成されていることを特徴としている。

【0020】本発明のブリッジ部材は、 SiO_2 膜とSiN膜との2層構造に限らず、ブリッジ部材の弾性力を制御し易くするために、メンブレン側電極を形成する金属膜とSiN膜との間に更に別の層、例えば SiO_2 膜を介在させた3層構造でブリッジ部材を形成してもよい。Al膜とSiN膜の間に SiO_2 膜を介在させるこ

とにより、SiN膜とAl膜との間の密着力を向上させ、更に界面準位の発生などの電気的な問題発生を抑制することができる。好適には、本発明に係るMEMS素子は、メンブレン側電極が、光反射膜の機能を有する金属膜により光反射膜兼電極として形成され、MEMS素子が、メンブレン側電極と基板側電極との間に働く静電引力又は静電反発力により光反射膜を駆動させて、反射光の光強度を変調させる光変調素子として機能する。メンブレンの支持方法には制約は無く、ブリッジ部材が、

10 両端支持のブリッジ状、及び一端支持のカンチレバー状のいずれかで基板上に立脚している。
【0021】本発明に係るGLVデバイスは、それぞれ、光変調素子として構成され、並列配置された複数のMEMS素子を備えるGLVデバイスにおいて、MEMS素子が、絶縁性基板上に形成された基板側電極と、基板側電極に交差して基板側電極上に離間延在し、かつ基板側電極に対面して設けられた、酸化シリコン(SiO₂)膜、酸化チタン(TiO₂)膜、及び酸化ジルコニウム(ZrO₂)膜のいずれかと、SiN膜とを有する少なくとも2層の多層構造として形成されたブリッジ部材、及び基板側電極に対向してブリッジ部材上に、光反射膜の機能を有する金属膜により光反射膜兼電極として形成されたメンブレン側電極を有するメンブレンとを備えて、メンブレン側電極が相互に独立で並列配置され、かつ基板側電極が共通電極として設けられ、各MEMS素子は、メンブレン側電極と基板側電極との間に働く静電引力又は静電反発力により光反射膜を駆動させて、反射光の光強度を変調させる光変調素子として機能することを特徴としている。

【0022】更に本発明に係るレーザディスプレイは、レーザと、レーザから出射されたレーザ光の光軸上に配置され、レーザ光の光強度を変調するGLVデバイスとを有するレーザディスプレイにおいて、GLVデバイスが、光変調素子として構成され、並列配置された複数のMEMS素子を備え、MEMS素子が、絶縁性基板上に形成された基板側電極と、基板側電極に交差して基板側電極上に離間延在し、かつ基板側電極に対面して設けられた、酸化シリコン(SiO₂)膜、酸化チタン(TiO₂)膜、及び酸化ジルコニウム(ZrO₂)膜のいずれかと、SiN膜とを有する少なくとも2層の多層構造として形成されたブリッジ部材、及び基板側電極に対向してブリッジ部材上に、光反射膜の機能を有する金属膜により光反射膜兼電極として形成されたメンブレン側電極を有するメンブレンとを備えて、メンブレン側電極が相互に独立で並列配置され、かつ基板側電極が共通電極として設けられ、各MEMS素子は、メンブレン側電極と基板側電極との間に働く静電引力又は静電反発力により光反射膜を駆動させて、反射光の光強度を変調させる光変調素子として機能することを特徴としている。

【0023】本発明に係るレーザディスプレイは、レー

ザの数には制約はなく、単色光のレーザディスプレイでも、フルカラーディスプレイでもよい。フルカラーディスプレイでは、レーザディスプレイは、赤色レーザ、緑色レーザ、及び青色レーザと、赤色レーザ、緑色レーザ、及び青色レーザからそれぞれ出射された赤色レーザ光、緑色レーザ光、及び青色レーザ光を合成する色合成フィルタと、赤色レーザ、緑色レーザ、及び青色レーザの各々と色合成フィルタとの間の光軸上に配置され、赤色レーザ、緑色レーザ、及び青色レーザからそれぞれ出射された赤色レーザ光、緑色レーザ光、及び青色レーザ光の光強度を変調するGLVデバイスとを備えている。

【0024】

【発明の実施の形態】以下に、添付図面を参照し、実施形態例を挙げて本発明の実施の形態を具体的かつ詳細に説明する。尚、以下の実施形態例で示す成膜方法、層の組成及び膜厚、プロセス条件等は、本発明の理解を容易にするための一つの例示であって、本発明はこの例示に限定されるものではない。

MEMS素子の実施形態例

20 本実施形態例は、本発明に係るMEMS素子の実施形態の一例であって、図1は本実施形態例のMEMS素子の構成を示す断面図である。本実施形態例のMEMS素子30は、GLVデバイスを構成する光変調素子として構成され、メンブレン32のブリッジ部材34の構造が異なることを除いて、従来のMOEMS12と同じ構成を備えている。空隙層22の間隔Gは例えば1μmであり、メンブレン32の長さLは100μmから300μm、幅Wは(図6参照)2μmから4μmである。

30 【0025】本実施形態例のメンブレン32は、図1に示すように、下層に膜厚が例えば20nmのSiO₂膜36を有し、その上に膜厚が例えば100nmのSiN膜38を積層させてなるブリッジ部材34と、ブリッジ部材34上に形成された、膜厚100nmのAl膜からなる光反射膜兼メンブレン側電極14とから構成されている。SiO₂膜36は、ポリシリコンからなる犠牲層を熱酸化して形成したSiO₂膜でも、CVD法又はPVD法により成膜したSiO₂膜でも良い。

40 【0026】本実施形態例のMEMS素子30は、XeF₂ガス、SF₆ガス、NF₃ガス等をエッチングガスとして使って、ポリシリコン、アモルファスシリコン等のシリコンからなる犠牲層をドライエッチングの際、シリコンに対してエッチング選択比の高い、つまりエッチングレートの低いSiO₂膜36を犠牲層に接してメンブレン32の下層に備えている。よって、多数個のMOEMSを密に並列配置したGLVデバイスを形成する当たり、MOEMSの犠牲層をドライエッチングして除去しても、メンブレン32がエッチングされて膜厚が不均一になるようなことが生じない。

50 【0027】次に、図2を参照して、本実施形態例のMEMS素子30を作製する方法を説明する。図2(a)

から(e)は、それぞれ、本実施形態例のMEMS素子を作製する際の工程毎の断面図である。図2(a)に示すように、基板18上にCr膜等の金属膜を成膜し、パターンニングして基板側電極20を形成する。次いで、図2(b)に示すように、基板18全面にポリシリコン膜を成膜し、パターンニングして基板側電極20上に犠牲層26を形成する。続いて、CVD法又はPVD法によって基板18全面に膜厚が例えば20nmのSiO₂膜36、次いでCVD法によって600℃以上の成膜温度で膜厚が例えば100nmのSiN膜38を成膜し、パターニングして、図2(c)に示すように、犠牲層26に接して、かつ犠牲層26上を跨ぎ、基板18上に立脚するブリッジ部材34を形成する。

【0028】CVD法によりSiO₂膜36を成膜する際の原料には、シランを用いても、TEOSを用いても良く、堆積温度及び膜の応力を制御しさえすれば、大きな違いはない。膜の応力は、シラン(SiH₄)、TEOSの流量と、酸化剤となるN₂、O₂の流量比を変えることにより、制御する。600℃以上の成膜温度でSiN膜38をCVD法により成膜するので、SiO₂膜36を成膜する際には、プラズマCVD法や、低温常圧のCVD法よりは、寧ろ熱CVD法によりSiO₂膜36を成膜する。尚、光利用効率のより大きなMOEMSを作製する上からは、メンブレンの表面凹凸が小さくなるなどの理由から、低温常圧のCVD法の方が好ましい。

【0029】次いで、図2(d)に示すように、SiN膜38の基板側電極対向部38a上を含めて基板18全面にAl膜からなるメンブレン側電極膜を成膜し、パターンニングしてSiN膜38の基板側電極対向部38a上にAl膜からなるメンブレン側電極14を形成する。次に、XeF₂ガスを用いたドライエッチング法、又はSF₆ガス若しくはNF₃ガスを用いたプラズマエッチング法によりポリシリコン膜からなる犠牲層26を除去して、図2(e)に示すように、MEMS素子30を形成する。

【0030】ポリシリコン膜からなる犠牲層26上にSiO₂膜36が成膜されている本実施形態例では、犠牲層26をエッチングした際、ポリシリコン膜とSiO₂膜との選択比が大きいため、SiO₂膜36がエッチングされて、メンブレン32の膜厚が不均一になるようなことが生じない。よって、従来のMEMS素子のように、メンブレンの平滑度が悪くなり、光反射率が低下して、MOEMSの光利用効率が悪くなったり、メンブレンの静電駆動による動きがばらつき、所定の光変調特性を示すことができなくなったり、メンブレンの機械的強度がばらつき、MOEMSの寿命、従ってGLVデバイスの寿命が短くなるようなことがない。

【0031】上述のMEMS素子30の作製方法では、CVD法又はPVD法によってSiO₂膜36を成膜し

ているが、これに限らず、犠牲層26を構成するポリシリコン膜を熱酸化してSiO₂膜を形成してもよい。但し、熱酸化膜を生成させる際には、シリコン材料の結晶化進行に応じてSiO₂膜の表面に凹凸が発生し、この結果、CVD法又はPVD法のSiO₂膜に比べて、メンブレン32の平滑性が低く、光変調素子の光利用効率が低いこともある。

【0032】本実施形態例のMEMS素子30のメンブレン32では、SiO₂膜に変えて、酸化チタン(TiO₂)膜及び酸化ジルコニウム(ZrO₂)膜を使ってもSiO₂膜と同様の効果を有する。更には、メンブレン32は、Al/SiN/SiO₂の3層構造で形成されているが、メンブレン32の弾性力を制御し易くするために、図3に示すように、Al膜とSiN膜との間に更に別の層、例えばSiO₂膜を介在させた4層構造でメンブレン32を形成してもよい。Al膜とSiN膜の間にSiO₂膜を介在させることにより、SiN膜とAl膜との間の密着力を向上させ、更に界面準位の発生などの電気的な問題発生を抑制することができる。

【0033】GLVデバイスの実施形態例

本実施形態例のGLVデバイスは、本発明に係るGLVデバイスの実施形態の一例であって、前述した従来のGLVデバイス10に用いたMEMS素子12に代えて、MEMS素子30を用いたものである。本実施形態例のGLVデバイスは、各MEMS素子30の光反射膜兼メンブレン側電極14と基板側電極20との間に働く静電引力又は静電反発力により光反射膜14を駆動して、光反射膜14の傾きを調整し、反射光の光強度を変調させる光変調器として構成されている。

【0034】レーザディスプレイの実施形態例

本実施形態例は、本発明に係るレーザディスプレイの実施形態の一例であって、図4は本実施形態例のレーザディスプレイの構成を示す模式図である。本実施形態例のレーザディスプレイ40は、上述の実施形態例のGLVデバイスを用いた光学装置であって、例えば、大型スクリーン用プロジェクタ、特にデジタル画像のプロジェクタとして、或いはコンピュータ画像投影装置として用いられる。

【0035】レーザディスプレイ40は、図4に示すように、赤(R)、緑(G)、青(B)の各色のレーザ光源として設けられたレーザ42R、42G、42Bと、各光源に対して、それぞれ、光軸上に順次、設けられたミラー44R、44G、44B、照明光学系46R、46G、46B、及び光変調器として機能するGLVデバイス48R、48G、48Bとを備えている。レーザ42R、42G、42Bとして、例えば、R(波長642nm、光出力約3W)、G(波長532nm、光出力約2W)、B(波長457nm、光出力約1.5W)のレーザがそれぞれ用いられている。

【0036】更に、レーザディスプレイ40は、GLV

デバイス48R、48G、48Bでそれぞれ光強度が変調された赤色(R)レーザ光、緑色(G)レーザ光、及び青色(B)を合成する色合成フィルタ50、空間フィルタ52、ディフューザ54、ミラー56、ガルバノスキャナ58、投影光学系60、およびスクリーン62を備えている。色合成フィルタ50は、例えばダイクロイックミラーで構成されている。

【0037】本実施形態例のレーザディスプレイ40では、レーザ42R、42G、42Bから射出されたRGB各色のレーザ光は、それぞれ、ミラー44R、44G、44Bを経て照明光学系46R、46G、46BからGLVデバイス48R、48G、48Bに入射される。各レーザ光は、色分類された画像信号であり、GLVデバイス48R、48G、48Bに同期入力するようになっている。更に、各レーザ光は、GLVデバイス48R、48G、48Bによって回折されることにより空間変調され、これら3色の回折光が色合成フィルタ50によって合成され、続いて空間フィルタ52によって信号成分のみが取り出される。次いで、このRGBの画像信号は、ディフューザ54によってレーザスペckルが低減され、ミラー56を経て、画像信号と同期するガルバノスキャナ58により空間に展開され、投影光学系60によってスクリーン62上にフルカラー画像として投影される。

【0038】レーザディスプレイ40では、RGB全て同一構造のGLVデバイス48を用いることにより、射出される画像信号の光束は約310ルーメンとなる。本実施形態例のレーザディスプレイ40と同じ構成で、従来の光変調素子を用いたレーザディスプレイでは、信号の光束が約300ルーメンであることから、本実施形態例のレーザディスプレイ40では、光源の利用効率が向上することが判る。また、RGBそれぞれの波長に対して最適化されたGLVデバイス48を用いると、信号の光束は約320ルーメンと更に向上する。

【0039】本実施形態例のレーザディスプレイ40では、各色のレーザ42に対応して、GLVデバイス48R、48G、48Bを備えているが、本発明に係るGLVデバイスはこれ以外の構成を有する各種のディスプレイについても適用可能である。例えば、光源を白色光とする一方で、RGBそれぞれの波長の光のみを反射して(それ以外の光は回折する)各色を表示するようにメンブレンの幅が異なる光変調素子48R、48G、48Bが1画素を構成するようにしてもよい。また、単一の光源からの白色光を、RGBの画素データからなる画像情報に同期したカラーホイールを通してGLVデバイス48に入射させるようにすることもできる。更に、例えば、単一の光変調素子48を用いて、RGBのLED(発光ダイオード)からの光を回折し、画素毎の色の情報を再生するように構成すれば、簡単なハンディタイプのカラーディスプレイとなる。

【0040】また、本発明に係るGLVデバイスは、本実施形態例のレーザディスプレイのようなプロジェクタ類だけでなく、光通信におけるWDM(Wavelength Division Multiplexing: 波長多重)伝送用の各種デバイス、MUX(Multiplexer: パラレル-シリアル変換器/多重化装置)、DEMUX(Demultiplexer: パラレル-シリアル変換器/分配化装置)、あるいはOADM(Optical Add/Drop Multiplexer)、OXC(Optical Cross Connect)等の光スイッチとして用いることもできる。更に、例えばデジタル画像等を直画できる微細描画装置、半導体露光装置や、プリンタエンジンなど、その他の光学装置にも適用することができる。

【0041】また、実施形態例のレーザディスプレイ40では、GLVデバイス48R、48G、48Bを用いて空間変調を行うレーザディスプレイについて説明したが、本発明に係るGLVデバイスは、位相、光強度などの干渉・回折により変調可能な情報のスイッチングを行うことができ、これらを利用した光学装置に応用することが可能である。

【0042】

【発明の効果】本発明によれば、基板側電極に対面して酸化シリコン膜等の金属酸化膜を有する少なくとも2層の多層構造としてブリッジ部材を形成し、その上にメンブレン側電極を設けることにより、MEMS素子の形成に際し、シリコン系犠牲層を除去する際、メンブレンの裏面からのエッチングによるメンブレンの膜厚分布を最小限に抑制することができる。本発明に係るMEMS素子を光変調素子として使用することにより、光反射率を高めて光利用効率を向上させ、かつ、駆動体の強度を高め、駆動均一性を向上させることができる。また、これにより、MEMS素子の信頼性を高める、作製プロセスでの製作マージンを大きくすることができる。更には、本発明に係るMEMS素子でGLVデバイスを構成することにより、光利用効率が高く、使用寿命の長いGLVデバイスを実現することができる。また、そのようなGLVデバイスをレーザディスプレイに組み込むことにより、光利用効率の高いレーザディスプレイを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態例のMEMS素子の構成を示す断面図である。

【図2】図2(a)から(e)は、それぞれ、実施形態例のMEMS素子を作製する際の工程毎の断面図である。

【図3】4層構造のメンブレンの構成を示す断面図である。

【図4】実施形態例のレーザディスプレイの構成を示す模式図である。

【図5】GLVデバイスの構成を示す斜視図である。

【図6】MOEMSの構成を示す斜視図である。

13

【図7】図7(a)から(e)は、それぞれ、MOEMSを作製する際の工程毎の図6の線I-Iでの断面図である。

【図8】図8(a)及び(b)は、それぞれ、各MOEMSの配置を示す平面図及び図8(a)の線II-IIでのMOEMSの断面図である。

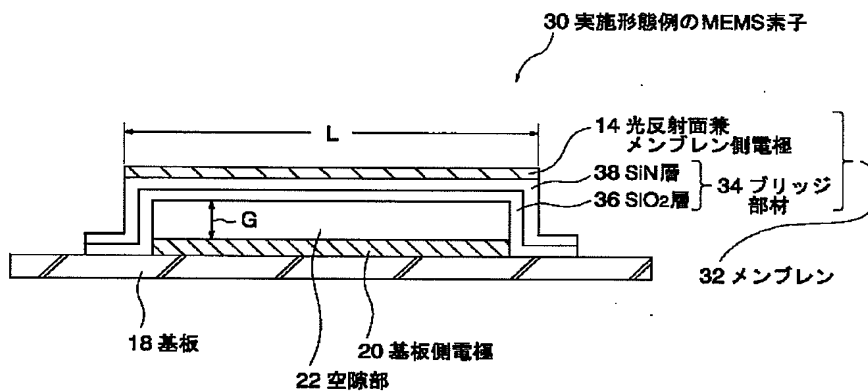
【符号の説明】

48……GLVデバイス、12……MEMS素子、14……光反射面、光反射膜兼メンブレン側電極、16……静電駆動型メンブレン、18……絶縁性基板、20……*10

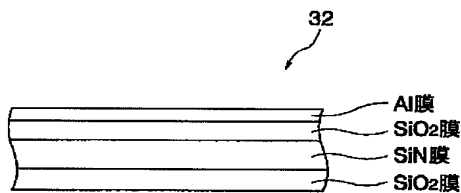
14

*基板側電極、22……空隙部、24……ブリッジ部材、30……実施形態例のMEMS素子、32……メンブレン、34……ブリッジ部材、36……SiO₂膜、38……SiN膜、40……レーザディスプレイ、42……レーザ、44……ミラー、46……照明光学系、48……GLVデバイス、50……色合成フィルタ、52……空間フィルタ、54……ディフューザ、56……ミラー、58……ガルバノスキャナ、60……投影光学系、62……スクリーン。

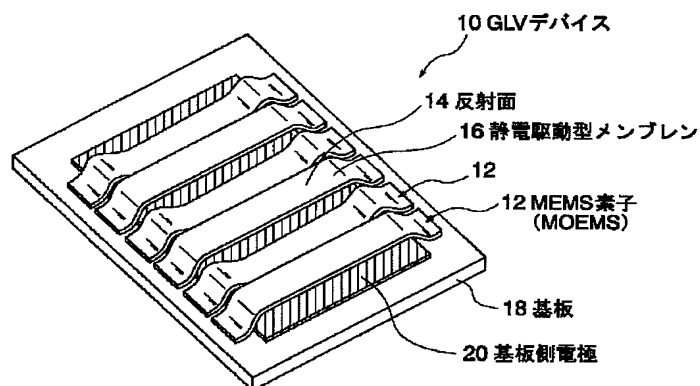
【図1】



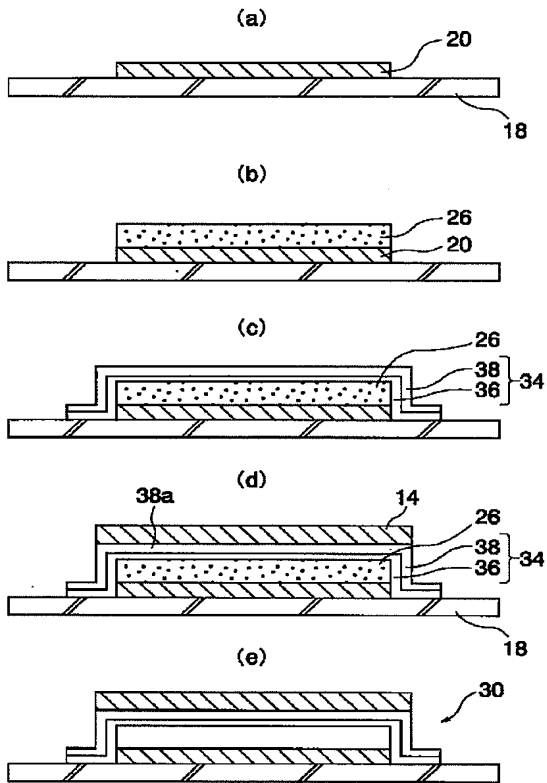
【図3】



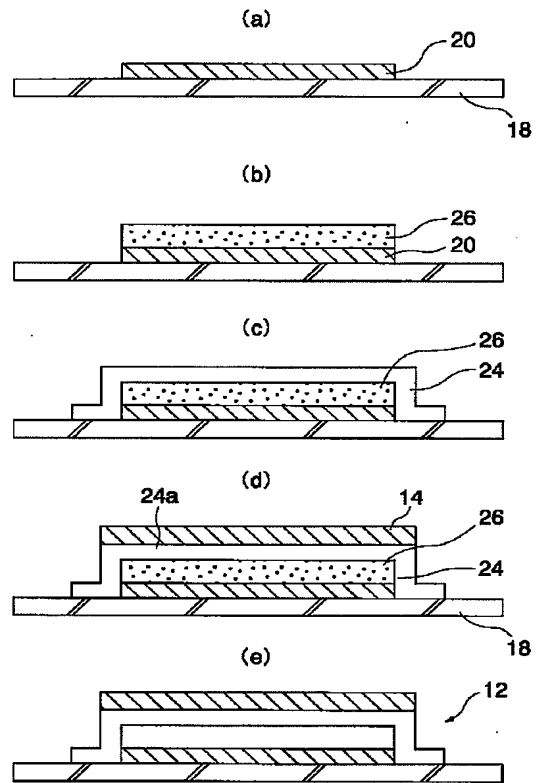
【図5】



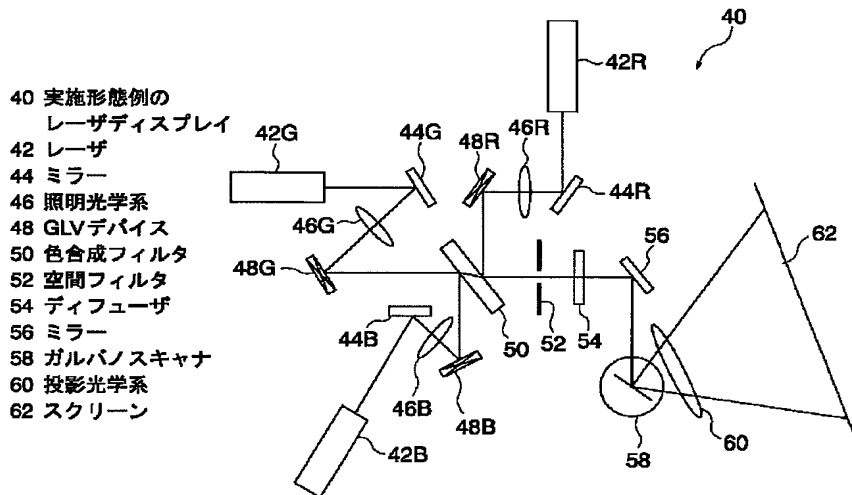
【図2】



【図7】

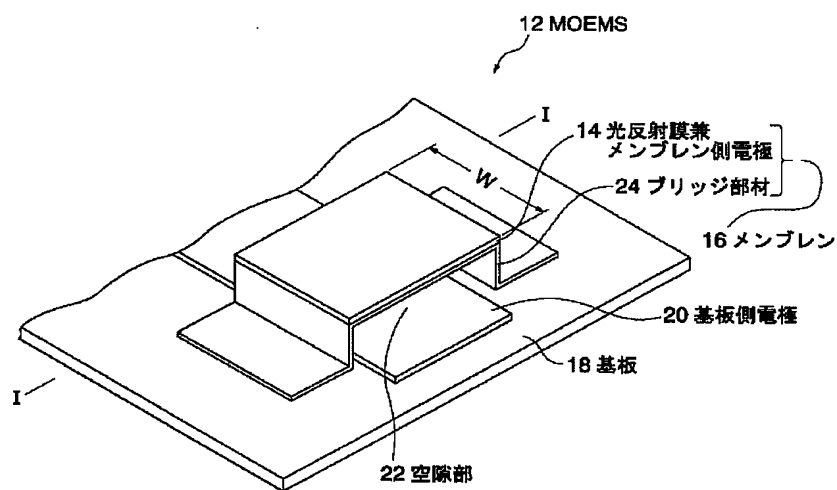


【図4】

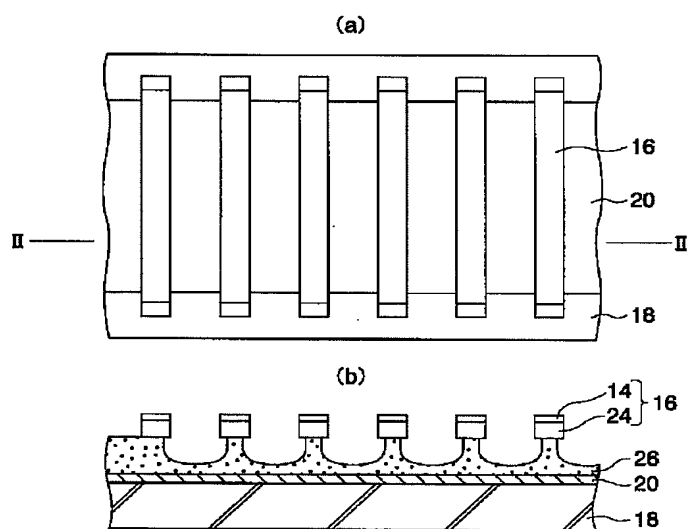


- 40 実施形態例の
レーザディスプレイ
42 レーザ
44 ミラー
46 照明光学系
48 GLVデバイス
50 色合成フィルタ
52 空間フィルタ
54 ディフューザ
56 ミラー
58 ガルバノスキャナ
60 投影光学系
62 スクリーン

【図6】



【図8】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2H041 AA23 AB14 AB38 AC06 AZ08
5F072 KK30 MM03 MM07 MM11 RR03
YY20